



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

10 2004 037 131.8

**Anmeldetag:**

30. Juli 2004

**Anmelder/Inhaber:**

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer  
Brennkraftmaschine

**IPC:**

F 02 N 17/00

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 1. August 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

28.07.04 Sm/Oy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine nach der Gattung des ersten unabhängigen Hauptanspruchs. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren nach Gattung des zweiten unabhängigen Hauptanspruchs.

Stand der Technik

Zur Reduzierung des Verbrauchs und der Emissionen von Kraftfahrzeugen finden zunehmend sogenannte Start-Stopp Verfahren Verbreitung. Bei den derzeitigen Start-Stopp Verfahren erfolgt der Motorstart mittels einer elektrischen Maschine, wie z. B. einem Riemen- oder Kurbelwellen-Starter-Generator oder auch einem üblichen Starter. Typischerweise erfolgt der Start, indem beim Hochdrehen der Brennkraftmaschine durch Einspritzen von Kraftstoff und nachfolgender Zündung ein Drehmoment der Brennkraftmaschine erzeugt wird, wobei bei ausreichender Drehzahl der Brennkraftmaschine der Starter wieder ausgerückt wird.

Aus der EP 1 036 928 A2 ist eine Startvorrichtung bekannt, bei der beim Abstellen der Brennkraftmaschine zumindest ein in Kompression gehender Zylinder identifiziert wird, und bei Vorliegen einer Startanfrage wird in diesen Zylinder Kraftstoff eingespritzt wird.

Problematisch ist in der in EP 1 036 928 A2 beschriebenen Startvorrichtung jedoch das Einspritzen von Kraftstoff in eine Kompressionsphase bei hohen Motortemperaturen. Beim Motorstart aus „tiefen“ Kolbenpositionen nahe dem UT (unterer Totpunkt), erreicht das eingeschlossene Gemisch in der Kompressionsphase Temperaturen von über 400 °C, wodurch teilweise Selbstentzündungsreaktionen ausgelöst werden können. Dies ist zum Teil akustisch als klopfende Verbrennung wahrnehmbar und muss aus Gründen des Bau-

teileschutzes vermieden werden. Da diese Problematik der Selbstentzündung insbesondere bei einem Wiederholstart einer Brennkraftmaschine während des Start-Stopp-Betriebes eines Fahrzeugs besonders häufig und zudem in sehr kurzen Zeitabständen hintereinander auftreten kann, muss gerade in diesem Betriebsmodus garantiert sein, dass die Selbstentzündung sicher verhindert wird.

Die Selbstentzündung ist eine Funktion von verschiedenen Motorparametern (Motortemperatur, Aufladung, allg. geo-metrischen Motordaten, z.B. Verdichtungsverhältnis), von der Gemischzusammensetzung (Lambda, Kraftstoffqualität, ...) und vom Einspritz-Timing. Sie tritt, abhängig von den momentan herrschenden Bedingungen im Zylinder, meist nahe an der OT-Lage (= Moment der höchsten Verdichtungstemperatur) auf und schränkt somit wichtige im Steuergerät programmierte Motorfunktionen, wie z.B. Funktionen, die den Wirkungsgrad des abgegebenen Motormoments über eine Verstellung des Zündwinkels steuern sollen, stark ein bzw. macht deren Ausführung unmöglich. Dadurch kann der Motor, abhängig von der jeweiligen Momentanforderung, u.a. nicht optimal betrieben werden, was sich nicht nur auf die Laufkultur des Motors, sondern auch auf den Verbrauch und teilweise auch auf die entstehenden Emissionen, negativ auswirkt.

#### Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass ein Berechnungsmittel vor einem Start der Brennkraftmaschine einen möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand in Abhängigkeit von Betriebsparameter erkennt und zur Verhinderung dieses möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustands geeignete Steuergrößen ermittelt.

Das entsprechende erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des zugehörigen unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass vor einem Start der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von Betriebsparametern ein möglicher Selbstentzündungs-Betriebszustand erkannt wird, und zur Verhinderung dieses möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand geeignete Steuergrößen ermittelt werden.

Durch das erfindungsgemäße Vorgehen kann bereits vor einem Start der Brennkraftmaschine, also noch bevor die Kurbelwelle in Bewegung versetzt wird, in vorteilhafter Weise sichergestellt werden, dass bei Betriebsparametern, die auf eine mögliche Selbstentzündung des Kraftstoffs während des Starts hinweisen, geeignete Steuergrößen ermittelt werden, anhand derer Komponenten der Brennkraftmaschine, insbesondere ein Starter o-

der eine Einspritzvorrichtung, während des Starts derart angesteuert bzw. beeinflusst werden, dass eine Selbstentzündung des Kraftstoffs bzw. ein Selbstentzündungs-Betriebszustand verhindert wird.

5 Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn in Abhängigkeit von den Steuergrößen zumindest ein Starter und/oder eine Einspritzvorrichtung beeinflusst wird. Dies erlaubt es einen Starter so zu betreiben, dass beispielsweise die sich einstellende Kolbenbewegung derart ist, dass eine Selbstentzündung des Kraftstoffs vermieden wird. Wird zusätzlich auch auf die Einspritzung eingewirkt, so können beide in vorteilhafter Weise aufeinander abgestimmt werden.

15 Weiterhin ist von Vorteil, wenn für die Ermittlung der Steuergrößen als Betriebsparameter zumindest die Position eines beim Start zuerst in Kompression oder in einen Saugtakt gehenden Zylinders und/oder eine Größe, die eine Brennraumtemperatur repräsentiert, berücksichtigt werden. Ist die Position eines zuerst in Kompression gehenden Zylinders  
20 bekannt, können anhand dessen die Steuergrößen derart gewählt, ermittelt oder berechnet werden, dass eine Selbstentzündung vermieden wird. Ist zusätzlich auch die Brennraumtemperatur oder vergleichbar die Motor- oder Öltemperatur bekannt, können die Steuergrößen präziser bestimmt werden, um eine Selbstentzündung zu vermeiden.

25 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass die Einspritzung derart beeinflusst wird, dass bei einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine die Kraftstoff-Einspritzung erst erfolgt, nachdem der in Kompression gehende Zylinder seinen oberen Totpunkt durchschritten hat. Dieses Vorgehen hat den besonderen Vorteil, dass Kraftstoff erst in der Expansionsphase eingespritzt und somit eine Selbstentzündung des Kraftstoffes verhin-  
30 dert wird, da während der Kompressionsphase nur Frischluft und kein Kraftstoff-Luft-Gemisch verdichtet wird.

35 Gemäß einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung ist es vorgesehen, dass die Drehzahl des Starters derart beeinflusst wird, dass die Brennraumtemperatur unterhalb einer kritischen Temperaturschwelle bleibt. Dies hat den Vorteil, dass insbesondere bei einer Reduzierung der Drehzahl in der Nähe des oberen Totpunkts der Temperaturanstieg moderater ausfällt

und eine kritische Temperaturschwelle, bei der sich der Kraftstoff selbst entzünden kann, vermieden wird.

5 Eine weitere vorteilhafte Modifikation sieht vor, dass die Drehzahl des Starters derart beeinflusst wird, dass der Brennraumdruck unterhalb einer kritischen Druckschwelle bleibt. Hier ergibt sich der Vorteil, dass insbesondere bei einer Reduzierung der Drehzahl in der Nähe des oberen Totpunkts der Druckanstieg moderater ausfällt und eine kritische Druckschwelle, bei der sich der Kraftstoff selbst entzünden kann, vermieden wird.

10 Schließlich sieht eine weitere Ausbildung vor, dass eine Einspritzmenge derart erhöht wird, dass die Brennraumtemperatur unterhalb einer kritischen Temperaturschwelle bleibt oder fällt. Durch eine vermehrte Kraftstoffzufuhr wird das Luft/Kraftstoffgemisch abgekühlt, so dass in vorteilhafter Weise eine Selbstentzündung vermieden werden kann.

15 **Zeichnungen**

Es zeigen

Figur 1 schematisch einen Ablauf eines Start-Stopp-Betriebes;

Figur 2 schematisch die Überwachung des Motorhochlaufs;

20 Figur 3 schematisch ein erfindungsgemäßes Steuergerät.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten  
25 Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in den Zeichnungen.

30 **Beschreibung**

Die Erfindung geht von der Überlegung aus, bereits vor einem Start der Brennkraftmaschine anhand von Betriebsparametern zu erkennen, ob während des Starts und Motorhochlaufs die Gefahr einer möglichen Kraftstoff-Selbstentzündung besteht. Wird ein potenzieller Selbstentzündungs-Betriebszustand erkannt, werden zur Verhinderung dieses  
35

Betriebszustands geeignete Steuergrößen für den Start der Brennkraftmaschine ermittelt oder angepasst.

Insbesondere ist es hilfreich bei direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen die Kolbenposition des zuerst in Kompression gehenden Zylinders zu ermitteln und bei Brennkraftmaschinen mit Saugrohreinspritzung die Kolbenposition des zuerst in die Saugphase gehenden Zylinders zu ermitteln.

Zur Identifikation des Startzylinders kann beispielsweise ein Absolutwinkelsensor eingesetzt werden, der an der Nocken- und/oder Kurbelwelle montiert ist und die momentane Winkellage der Kurbelwellen angibt. Der Absolutwinkelsensor erlaubt es weiterhin, das Steuergerät schneller mit der Brennkraftmaschine zu synchronisieren, als es mit den herkömmlichen Synchronisationsverfahren über Bezugsmarken am Kurbelwellengeberrad und/oder einem Phasengeberrad an der Nockenwelle möglich ist.

Das in Figur 1 schematisch gezeigte Ausführungsbeispiel eines Start-Stopp-Betriebs, zeigt beispielhaft ein mögliches Einsatzfeld bzw. technisches Umfeld der Erfindung.

Der beispielhafte Start-Stopp-Betrieb stellt sich wie folgt dar: Im Schritt 10 befindet sich das Steuergerät in einer Vorstart-Phase. Im Start-Stopp-Betrieb bleibt die Zündung (KL15) entweder eingeschaltet oder wird in definierten Zeitabständen kurzzeitig bestromt, so dass das Steuergerät regelmäßig an der Versorgungsspannung anliegt. Dadurch wird die sonst notwendige Neusynchronisation des Steuergeräts mit dem Motor beim Start unnötig, und die verschiedenen Betriebsparameter relevanter Motorfunktionen werden regelmäßig aktualisiert. Alternativ kann diese Aufgabe auch nur von einer speziellen Teilfunktion im Steuergerät während der Stopp-Phase übernommen werden, so dass nicht immer das gesamte Steuergerät aktiviert werden muss.

Im Schritt 20 werden dann relevante Betriebsparameter erfasst. Folgende Betriebsparameter kommen als Eingangsgrößen beispielsweise in Frage: Startzylinder, Kolbenposition, Motor-, Motoröl-, Kühlwasser-, Ansaugluft-, Umgebungsluft-, Katalysator- und Kraftstofftemperatur, Kraftstofffrail-, Umgebungsluftdruck, Kraftstoffqualität, Batteriespannung, Ventilsteuerzeiten, -hub, Verdichtungsverhältnis, Gang, Kupplung, Stellung Drosselklappe, Gaspedal-, Bremspedalstellung, Zeit und andere.

Ausgehend von der erfassten oder ermittelten Betriebsparametern wird eine Startstrategie bestimmt anhand dessen Steuergrößen für einen Motorhochlauf festgelegt werden. Eine Startstrategie kann beispielsweise einen Kalt- Wiederhol- oder Heißstart berücksichtigen oder einen Start-Stopp-Betrieb oder darauf ausgerichtet sein einen schnellen Motorhochlauf zu realisieren oder weitere Strategien zur Erreichung eines optimalen Motorhochlaufs. Erfindungsgemäß ist es bspw. in diesem Schritt 20 oder auch in den nachfolgenden Schritten vorgesehen, anhand der ermittelten Betriebsparameter zu überprüfen, ob beim Start bzw. beim Motorhochlauf möglicherweise ein Selbstentzündungs-Betriebszustand auftreten kann. Wird ein solche Betriebszustand prognostiziert, ist es vorgesehen die Startstrategie und die Steuergrößen so abzustimmen, dass ein Selbstentzündungs-Betriebszustand verhindert wird.

Im Schritt 30 wird überprüft, ob die Startstrategie durchgeführt werden kann. Sind Bedingungen für die Startstrategie ungünstig oder nicht erfüllt wird zum Schritt 100 verzweigt, in dem entschieden wird, ob ein in der Zündfolge nachfolgender Zylinder ausgewählt wird – Schritt 100 – oder ob ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird – Schritt 120.

Liegen geeignete Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vor, werden im Schritt 40 relevante Steuergrößen ausgelesen.

Relevante Steuergrößen sind beispielsweise: Einspritzzeitpunkt, -Winkel, -menge; Zündzeitpunkt, -Winkel; abzugebendes Motormoment; Zeit- oder Winkeldauer der Ansteuerung des Starters; Ventilsteuerzeiten, -hub; Verdichtungsverhältnis; Stellung Drosselklappe, Abgasrückführventil und weitere.

Im Schritt 50 werden die Steuergrößen an die jeweiligen Komponenten beispielsweise einer Einspritzvorrichtung und/oder einem Starter ausgegeben und im Schritt 60 erfolgt dann der Start der Brennkraftmaschine.

Im nachfolgenden Schritt 70 wird vorzugsweise nach einem ersten Arbeitstakt überprüft, ob die Steuergrößen zu einem gemäß Startstrategie vorgegebenen Motorhochlauf unter Vermeidung der prognostizierten Selbstzündung geführt haben. Bei Abweichungen vom Soll-Motorhochlauf, werden die Steuergrößen im Schritt 200 so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Im Schritt 50 werden dann die neuen Steuergrößen ebenfalls unter der Bedingung einer sicheren Vermeidung von Selbstzündungseffek-

ten an die Komponenten ausgegeben. Schritt 60 wird in diesem Zyklus übersprungen und im Schritt 70 erneut überprüft, ob der Motorhochlauf entsprechend der Startstrategie erfolgt. Bei Abweichungen werden ggf. wieder über den Schritt 200 die Steuerwerte angepasst.

5

Als Rückfallebene für den Fall, dass der Start nicht erfolgreich war, wird bei der Überprüfung in Schritt 70 in den Schritt 120 verzweigt, in dem dann ein alternativer Startvorgang eingeleitet wird.

10

Bei einem erfolgreichen Start folgt der Schritt 80, in dem die Brennkraftmaschine in den Normalbetrieb gebracht wird.

15

Bei Vorliegen einer Stopp-Anforderung erfolgt je nach Abstellkonzept die Abstellung der Brennkraftmaschine geregelt oder ungeregelt. Mit einer Verzweigung in den Schritt 90 wird eine ungeregelte Motorabstellung eingeleitet, bei der die Kurbelwelle ohne Beeinflussung frei ausläuft. Ist eine geregelte Motorabstellung vorgesehen, wird folgt der Schritt 190. Eine geregelte Motorabstellung hebt darauf ab, eine Brennkraftmaschine und insbesondere die Kurbelwelle in einen definierten Zustand abzustellen, so dass bei einem nachfolgenden Start eine optimale Kolbenposition im Hinblick auf Vermeidung von Selbstzündung, verkürzte Startzeit, optimaler Motorhochlauf, geringere Bordnetzbelastung, bessere Gemischaufbereitung erreicht wird.

20

Nach der Motorabstellung im Schritt 90 bzw. 190 wird auf den Vorstart-Schritt 10 zurück verwiesen, womit ein neuer Betriebszyklus beginnen kann.

25

Werden im Schritt 30 keine Bedingungen zur Durchführung der Startstrategie vorgefunden, so wird wie beschrieben in den Schritt 100 verzweigt. Vorzugsweise wird versucht, einen Zylinder zu finden, für den die Bedingungen erfüllt sind, also beispielsweise der Zylinder eine geeignete Kolbenposition aufweist. So verzweigt der Schritt 100 in der Regel zunächst zu Schritt 110. Hier wird ein in der Zündfolge nachfolgender Zylinder ausgewählt und in den Schritt 20 verzweigt, so dass die Routine erneut ablaufen kann. Wird im Schritt 30 erneut keine geeignete Bedingung registriert, wird typischer Weise im Schritt 100 die Schleife solange wiederholt, bis alle Zylinder abgefragt sind. Liegt immer noch keine geeignete Bedingung vor, verzweigt der Schritt 100 auf den Schritt 120 und leitet einen alternativen Startvorgang ein.

30

35



Im Schritt 120 wird die vorliegende Startstrategie zunächst abgebrochen. Eine mögliche Startalternative ist, Steuergrößen für einen nicht optimierten Motorhochlauf, die jedoch vorzugsweise ebenfalls eine Selbstentzündung sicher vermeidet, bereitzuhalten. Diese Steuergrößen können beispielsweise so gewählt sein, dass für die Einspritzung und die Zündung Standardwerte verwendet werden, der Starter kann hingegen mit Steuergrößen für eine bevorzugte Startstrategie, beispielsweise einem Start-Stopp-Betrieb, angesteuert werden. Als weitere Alternative kann es auch vorgesehen sein, einen „klassischen“ Normalstart einzuleiten, bei dem der Starter in herkömmlicher Art betrieben wird.

Im nachfolgenden Schritt 130 werden die Steuergrößen an die Komponenten ausgegeben, wonach im Schritt 140 der Start erfolgt, wobei dann im Schritt 70 überprüft wird, ob der Start erfolgreich war.

Für den Fall, dass die Brennkraftmaschine nicht startet, wird vom Schritt 70 in den Schritt 120 zurückverzweigt und ein erneuter Startversuch unternommen. Nach wiederholtem Startversagen kann es auch vorgesehen sein, geeignete Fehlerreaktionen einzuleiten.

Figur 2 zeigt im Detail die Schritte nach Start der Brennkraftmaschine im Schritt 70. Wie bereits unter Figur 1 beschreiben werden im Schritt 40 Steuerwerte gemäß der Startstrategie ausgelesen und im Schritt 50 an Komponenten 300 der Brennkraftmaschine ausgegeben, wobei bei dann im Schritt 60 (in Figur 2 nicht gezeigt) ein Start erfolgt. Nach Startbeginn werden im Wesentlichen unabhängig von den übrigen Schritten in einem Schritt 220 Betriebsparameter beispielsweise kontinuierlich oder in bestimmten Zeitabständen eingelesen, so dass ggf. ein zeitlicher Verlauf relevanter Betriebsparameter ermittelt werden kann.

Nach Startbeginn wird im Schritt 70 anhand der im Schritt 220 ermittelten Betriebsparameter überprüft, ob ein Motorhochlauf unter Vermeidung von Selbstentzündung gemäß der vorgegebenen Startstrategie vorliegt. Weichen die ermittelten Betriebsparameter von den gemäß Startstrategie erwarteten Betriebsparameter ab, werden im Schritt 200 die Steuerwerte so angepasst, dass der gewünschte Motorhochlauf erreicht wird. Die neuen Steuerwerte werden im Schritt 50 an die Komponenten 300 ausgegeben und der Erfolg im Schritt 70 überprüft und bei erneuten Abweichungen wieder in den Schritt 200 verzweigt.

In Figur 3 ist mit gestrichelter Umrandung eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zur Steuerung einer Brennkraftmaschine 500 dargestellt. Die Vorrichtung 1, vorzugsweise ein Steuergerät, umfasst ein Berechnungsmittel 410, ein Erfassungsmittel 420, ein Kontrollmittel 430 und ein Speichermittel 440.

Das Erfassungsmittel 420, vorzugsweise ein Empfänger, Analog-Digital-Wandler oder ähnliches, erfasst Betriebsparameter der Brennkraftmaschine und leitet entsprechende Signale an das Berechnungsmittel 410 und an das Kontrollmittel 430 weiter. Das Berechnungsmittel 410, vorzugsweise ein Mikroprozessor oder allgemein eine Recheneinheit, berechnet oder ermittelt anhand der erfassten Betriebsparameter eine für einen Start der Brennkraftmaschine geeignete Startstrategie und legt Steuergrößen so fest, dass der Motorhochlauf gemäß der gewünschten Startstrategie mit sicherer Vermeidung von Selbstentzündungseffekten erfolgt. Die Steuergrößen und ggf. die Startstrategie werden an das Kontrollmittel 430 weiter gegeben. Das Kontrollmittel 430 kann bspw. als separate Einheit aufgebaut sein oder auch Teil der Funktionalität des Berechnungsmittels sein. Über das Kontrollmittel 430 und ggf. weitere Funktionsmodule werden Komponenten der Brennkraftmaschine mit den festgelegten Steuergrößen angesteuert. Das Kontrollmittel 430 überwacht anhand erfasster Betriebsparameter, ob der Motorhochlauf beim Start der vorgegebenen Startstrategie entspricht. Weicht der Motorhochlauf bzw. bestimmte Betriebsparameter von den für die Startstrategie erwarteten Parameter ab, passt das Kontrollmittel 430 die Steuergrößen entsprechend an, um einen optimalen Motorhochlauf gemäß gewünschter Startstrategie zu erreichen. Die angepassten bzw. adaptierten Steuergrößen werden in einem Speichermittel 440 abgespeichert, so dass bei einem erneuten Start mit entsprechend Startstrategie bereits angepasste Werte zur Verfügung stehen.

Zur Ausgabe der Steuergrößen gemäß der Startstrategie können die Steuergrößen beispielsweise in Kennfeldern, -linien, speziellen Wertetabellen, Speichereinheiten eines neuronalen Netzes oder anderen Speichereinheiten abgelegt sein und auch adaptiv erlernt werden, so dass stets ein zeit-, Verbrauchs- und emissionsoptimierter Start erreicht wird.

Abhängig von den Betriebsparametern jeweils die optimale Startstrategie und entsprechende Steuergrößen ermittelt und festgelegt, um optimale Startbedingungen für die Brennkraftmaschine zu erreichen. Treten trotz der vorgewählten Steuergrößen dennoch nicht optimale Betriebszustände ein, beispielsweise Kraftstoff-Selbstentzündungen, werden für den nächsten Start die Steuergrößen so gewählt, dass ein erneutes Auftreten dieser Effekte verhindert wird. Es muss jedoch dann gesichert sein, dass durch die Neuwahl der

nun nicht optimal gewählten Vorsteuerungsgrößen, dennoch eine 100%-ige Startzuverlässigkeit erreicht wird, ggf. sind die Vorsteuerungswerte auch anzupassen.

Alternativ kann auch auf Betrieb mit klassischem Starterstart (= längeres Durchdrehen des Starters) umgeschaltet werden. Gleiches gilt nach einem Startabbruch bzw. einem erfolglosen Startversuch während eines Start-Stopp-Betriebes.

Sind allgemein die Bedingungen für einen erfolgreichen „Starterunterstützten Direktstart“ beispielsweise nach der Abfrage der Umgebungsbedingungen im Motor vor dem Start für den betreffenden Startzylinder nicht vollständig erfüllt, z.B. im Falle, dass die Kolbenposition des Startzylinders nicht optimal ist, so kann auch mittels Starterdurchdrehen, der in der Zündfolge nachfolgende Zylinder aus dem Ansaug- in den Kompressionstakt überführt und die Startroutine an diesem Zylinder durchgeführt werden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung bzw. Steuergerät mit darin programmierten Motorsteuerungsfunktionen erlaubt es, Einspritz- und Zündimpulse getrennt voneinander und zu beliebigen Zeitpunkten bzw. Kurbelwellenwinkeln auszugeben. Es erlaubt weiterhin, eine elektrische Maschine, wie zum Beispiel einen Starter oder Starter-Generator, zeitvariabel bzw. variabel über den Nocken- bzw. Kurbelwellenwinkel, anzusteuern. Ebenso erlaubt es, bei Systemen mit variabler Verdichtung bzw. Ventilsteuerung, das Verdichtungsverhältnis, bzw. die Phasen- und Hublage der Ein- und Auslassventile während des Startvorganges zu variieren.

Bei Systemen mit variabler Ventilsteuerung kann darüber hinaus durch das Verstellen der Ventilsteuerzeiten für Einlass- und Auslassnockenwelle entweder der Füllungsgrad in der Verdichtungsphase bzw. das abgegebene Motormoment gesteuert werden. In der Verdichtungsphase kann z.B. durch ein späteres oder auch früheres Schließen des Einlassventils der Füllungsgrad im Kompressionszylinder abhängig von den Umgebungsbedingungen im Motor verändert werden.

Eine mögliche Startstrategie kann beispielsweise einen speziellen Regelungsalgorithmus vorsehen und so z.B. anhand des Verdichtungsverhältnisses, der im Zylinder eingeschlossenen Luftmasse und der Starterdrehzahl, der Temperaturverlauf während der Verdichtungsphase vorhersagen oder simulieren. Danach können die Ausgangsgrößen des Regelalgorithmus bzw. die Steuerwerte so gestellt werden, dass eine für die Selbstentzündung kritische Temperatur nicht überschritten wird.

Bei Systemen mit variabler Verdichtung kann zusätzlich während des Verdichtungs- und Verbrennungsvorganges das Verdichtungsverhältnis variiert werden, um so die Verdichtungstemperatur und den Verdichtungsdruck zu steuern. Erkennt man, z.B. anhand eines Temperatur- oder Brennraumdrucksensors, dass die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck zu hoch ist, wird die Verdichtung des Motors verringert (=Expansion des Zylinders zu größerem Hubraum). Ist umgekehrt die Verdichtungstemperatur bzw. der Verdichtungsdruck für eine optimale Gemischaufbereitung zu niedrig, wird das Verdichtungsverhältnis des Motors erhöht.

Beim erfindungsgemäßen Vorgehen, wird das Problem der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen durch gezielte Abstimmung von Kompression, Einspritzung und Zündung verhindert.

Die vorgeschaltete Ansteuerung eines Starters als startunterstützende Maßnahme erfolgt in der Weise, dass in der Kompressionsphase eine mögliche Selbstentzündung sicher verhindert wird. Dies kann zum einen bedeuten, dass der Starter abhängig von der Kolbenposition beim Start in der Kompressionsphase derart leistungsgesteuert wird, dass ein bestimmter Temperatur- oder auch Druckanstieg im Brennraum während der Verdichtung erreicht wird.

Zum anderen kann die Ansteuerung des Starters jedoch auch derart erfolgen, dass während der Kompressionsphase anhand der Starterdrehzahl ein Optimum in der Gemischaufbereitungszeit für die darauffolgende Verbrennung geschaffen wird. Soll heißen, dass z.B. abhängig von der Kraftstoffqualität, der Motor-, Kühlwasser-, Öltemperatur, Verdichtung des Motors, etc., die Starterdrehzahl bzw. die daraus resultierenden Kolbengeschwindigkeit, derart gesteuert wird, dass sich in der Kompressionsphase im Zylinder ein möglichst homogenes Kraftstoff-Luft-Gemisch ausbildet, welches anschließend gezündet wird.

Durch gezielte Überwachung der Brennraumtemperatur mittels beispielsweise eines Temperatursensors oder auch eines Druckverlaufs eines Brennraumdrucksensors, kann so z.B. die Verdichtungstemperatur unterhalb der für eine Selbstentzündung kritischen Temperatur gehalten werden, indem gezielt Wärme an die Zylinderwand abgegeben wird.

Der Starter wird zusätzlich, abhängig von der Startposition, nur solange entweder winkel- oder zeitbasiert angesteuert, wie es notwendig ist, um beim Überstreichen des OTs die vordefinierte Drehzahl sicherzustellen. D.h. der Starter wird aktiv so früh als möglich wieder abgeworfen, um unnötige Bordnetzbelastungen bzw. auch Startgeräusche zu vermeiden.

Als Startzylinder für die erste Verbrennung wird ebenso der Zylinder im Kompressions-takt verwendet, der vor dem Start beispielsweise mittels eines Absolutwinkelsensors an der Kurbelwelle identifiziert wird.

Wie beschrieben ist es auch vorgesehen, nicht primär vor oder während der Verdich-tungsphase in den Kompressionszylinder, sondern erst nach dem Überstreichen des obe-ren Totpunkts, also wenn sich der Kolben bereits in der Expansionsphase des Arbeitstak-tes befindet, Kraftstoff in den Zylinder einzuspritzen und anschließend das Luft-Kraftstoff-Gemisch zu zünden.

Die primäre Einspritzung nach OT hat mehrere Vorteile: Zum einen wird hier die Prob-lematik der Selbstentzündung dadurch verhindert, dass kein vorgemischtes Luft-Kraftstoff-Gemisch, sondern nur Frischluft verdichtet wird. Es befindet sich also während der Kompressionsphase kein zündfähiges Gemisch im Zylinder, welches sich durch die hohen Verdichtungstemperaturen von selbst entzünden kann. Unbeabsichtigt klopfende Verbrennungen, die den Motor schädigen können, werden somit wirksam unterdrückt. Zum anderen ist durch die Vermeidung der Selbstentzündung die Wahl des Zündzeit-punktes nicht eingeschränkt, sodass durch Variation von Einspritz- und Zündzeitpunkt sowie der Kraftstoffmenge das erzeugte Verbrennungsmoment, und damit direkt das ab-gegebene Motormoment, derart gesteuert werden kann, dass der Motorhochlauf einem definierten Drehzahlverlauf folgt und so z.B. Motorvibrationen, welche eventuell durch die ersten Verbrennungen (= Vollastverdichtungen bzw. -Verbrennungen) auftreten und sich z.B. störend auf den Fahrzeuginnenraum übertragen können (=Komforteinbuße), mi-nimiert bzw. verhindert werden, bzw. auch ein Überschwinger in der Drehzahl über die Soll-Leerlaufdrehzahl, wie er derzeit meist beim Startvorgang eintritt, reduziert werden, so dass der Motor schneller seinen gewünschten Betriebszustand erreicht. Ein schnelles Erreichen des gewünschten Betriebszustandes des Motors ist im Start-Stopp-Betrieb es-sentiell für ein schnelles Losfahren nach einem z.B. Ampelstopp. Zusätzlich wirkt sich ein reduzierter Überschwinger in der Drehzahl auch auf das Startgeräusch des Motors

aus. Ein „Aufheulen“ des Motors durch eine überhöhte Drehzahl beim Start wird somit wirksam unterdrückt.

5 Der Ablauf von Einspritzung und Zündung kann dabei sowohl zeit-, als auch winkelbasiert erfolgen. Dieses Startverfahren kann zusätzlich auch auf den zweiten und weiteren in der Zündfolge folgenden Verbrennungsvorgänge angewandt werden, um auch dort Selbstzündungseffekte sicher zu vermeiden.

10 D.h., die Startroutine, wie sie in Figur 1 bzw. 2 dargestellt ist, regelt z.B. anhand des Drehzahl-, oder auch Drehzahlgradientenverlaufs der vorhergehenden Verbrennung jeweils die Parameter (Einspritzzeitpunkt, -menge, Zündzeitpunkt) für die nachfolgende Verbrennung, um Selbstentzündungseffekte sicher zu vermeiden bzw. einen zeit-, verbrauchs- und emissionsoptimierten Start zu erreichen.

15 Alternativ können die Einspritz- und Zündimpulse abhängig von den oben erwähnten Eingangsgrößen bzw. Betriebsparameter jedoch auch vor oder während der Kompressionsphase, d.h. noch vor Erreichen des oberen Totpunkts, erfolgen. Dabei muss jedoch anhand der Eingangsgrößen (z.B. Motor-, Kühlwasser-, Öl-, Ansauglufttemperatur, etc.) gewährleistet sein, dass eventuelle Selbstentzündungseffekte sicher ausgeschlossen werden können.

20 Dies kann, wie oben beschrieben, z.B. durch gezielte Ansteuerung des Starters erreicht werden, beispielsweise indem man die Verdichtungstemperatur überwacht und durch gezielte Wandwärmeverluste an die Zylinderwand unter eine kritische Temperaturschwelle für die Selbstentzündung hält.

25 Eine weitere Alternative ist, wie beschrieben, eine erhöhte Einspritzmenge (-Anfettung) für die ersten Verbrennungen, da so die in den Zylindern eingeschlossene Luft stärker abgekühlt wird (höhere Verdampfungsenthalpie), und so die Temperatur im Brennraum unter die Selbstentzündungstemperatur gebracht werden kann.

30 Darüber hinaus ist die Erfindung auch für ein Start-Stopp-System bei Fahrzeugen mit Saugrohreinjection (SRE) geeignet. Die Einspritzimpulse müssen hierbei für die einzelnen Zylinder während des Saugtaktes bei geöffneten Einlassventilen oder vorgelagert ins Saugrohr bei noch geschlossenen Einlassventilen erfolgen. Somit kann auch bei diesen Systemen beim Heißstart eine mögliche Selbstzündung sicher verhindert werden.

Die Starteransteuerung ist dann nur geringfügig länger als die maximale Ansteuerzeit des Starters von etwa einer halben Kurbelwellenumdrehung (ca. 180°KW) bei BDE-Systemen mit Einspritzung in den Kompressionstakt. Der Starter wird dabei ebenso wie bei den Systemen mit Direkteinspritzung zur Vermeidung von Selbstentzündungseffekten beschrieben angesteuert.

Die Gefahr der Selbstentzündung bei hohen Motortemperaturen ist bei SRE-Start-Stopp-Systemen durch z.B. eine erhöhte Einspritzmenge (Anfettung) während des Saugtaktes bzw. kurz vor Öffnen der Einlassventile (EÖ) zu verhindern. Durch eine vorgelagerte Einspritzung ins Saugrohr kurz vor EÖ oder während des Ansaugtaktes wird die Ansaugluft, die sich während z.B. einer Stopp-Phase im Start-Stopp-Betrieb durch die abgegebene Motorwärme und auch durch starke Sonneneinstrahlung übermäßig erhitzt, aufgrund der Verdampfung des flüssigen Kraftstoffes abgekühlt. Somit wird die Temperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches deutlich abgesenkt und kann bei der anschließenden Verdichtung unter die Temperaturschwelle für Selbstentzündung gehalten werden. Im Start-Stopp-Betrieb würde eine Verschlechterung der Emissionen aufgrund einer erhöhten Einspritzmenge durch den bereits aufgeheizten Katalysator unschädlich gemacht und wäre somit unproblematisch. Es muss jedoch gewährleistet werden, dass während z.B. einer langen Stopp-Phase, die Temperatur im Katalysator nicht unter die Konvertierungstemperatur absinkt.

28.07.04 Sm/Oy

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Steuerung einer Brennkraftmaschine (500), dadurch gekennzeichnet,  
dass ein Berechnungsmittel (410) vor einem Start der Brennkraftmaschine einen möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand in Abhängigkeit von Betriebsparameter erkennt und zur Verhinderung dieses möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustands geeignete Steuergrößen ermittelt.
2. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass vor einem Start der Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von Betriebsparametern ein möglicher Selbstentzündungs-Betriebszustand erkannt wird, und zur Verhinderung dieses möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand geeignete Steuergrößen ermittelt werden.
3. Vorrichtung oder Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von den Steuergrößen zumindest ein Starter und/oder eine Einspritzvorrichtung beeinflusst wird.
4. Vorrichtung oder Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Steuergrößen als Betriebsparameter zumindest die Position eines beim Start zuerst in Kompression oder in einen Saugtakt gehenden Zylinders und eine Größe, die eine Brennraumtemperatur repräsentiert, berücksichtigt werden.



5. Vorrichtung und Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass für die Ermittlung der Steuergrößen eine Ansauglufttemperatur berücksichtigt wird.
- 5 6. Vorrichtung oder Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine die Kraftstoff-Einspritzung derart beeinflusst wird, dass die Kraftstoff-Einspritzung erst erfolgt, nachdem der in Kompression gehende Zylinder seinen oberen Totpunkt durchschritten hat.
- 10 7. Vorrichtung oder Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl des Starters derart beeinflusst wird, dass die Brennraumtemperatur unterhalb einer kritischen Temperaturschwelle bleibt.
- 15 8. Vorrichtung oder Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dass die Drehzahl des Starters derart beeinflusst wird, dass der Brennraumdruck unterhalb einer kritischen Druckschwelle bleibt.
- 20 9. Vorrichtung oder Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einspritzmenge derart erhöht wird, dass die Brennraumtemperatur unterhalb einer kritischen Temperaturschwelle bleibt oder fällt.

28.07.04 Sm/Oy

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

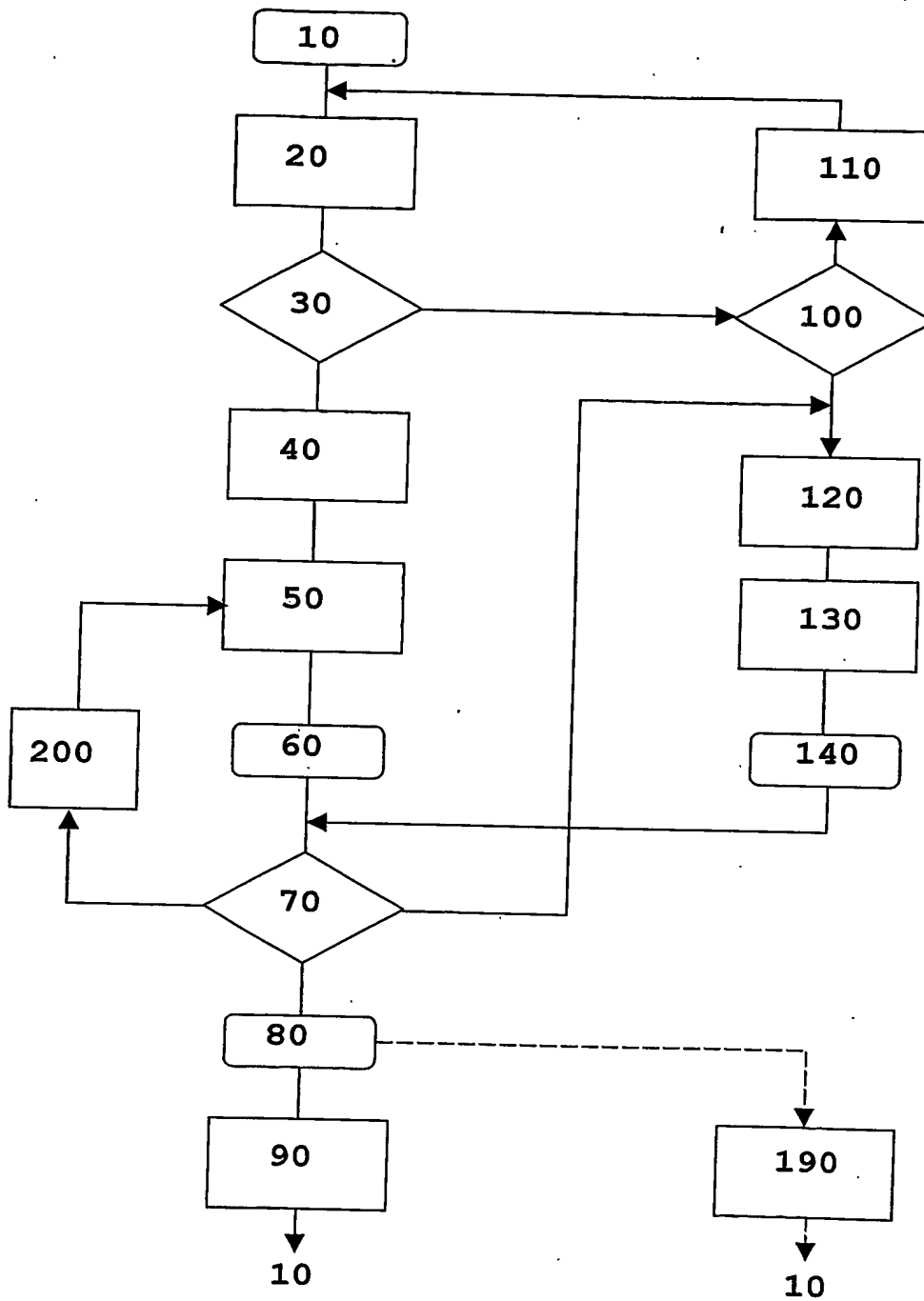
10

Zusammenfassung

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung (1) zur Steuerung einer Brennkraftmaschine (500), wobei ein Berechnungsmittel (410) vor einem Start der Brennkraftmaschine einen möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustand in Abhängigkeit von Betriebsparameter erkennt und zur Verhinderung dieses möglichen Selbstentzündungs-Betriebszustands geeignete Steuergrößen ermittelt.

(Fig. 3)

**Fig. 1**

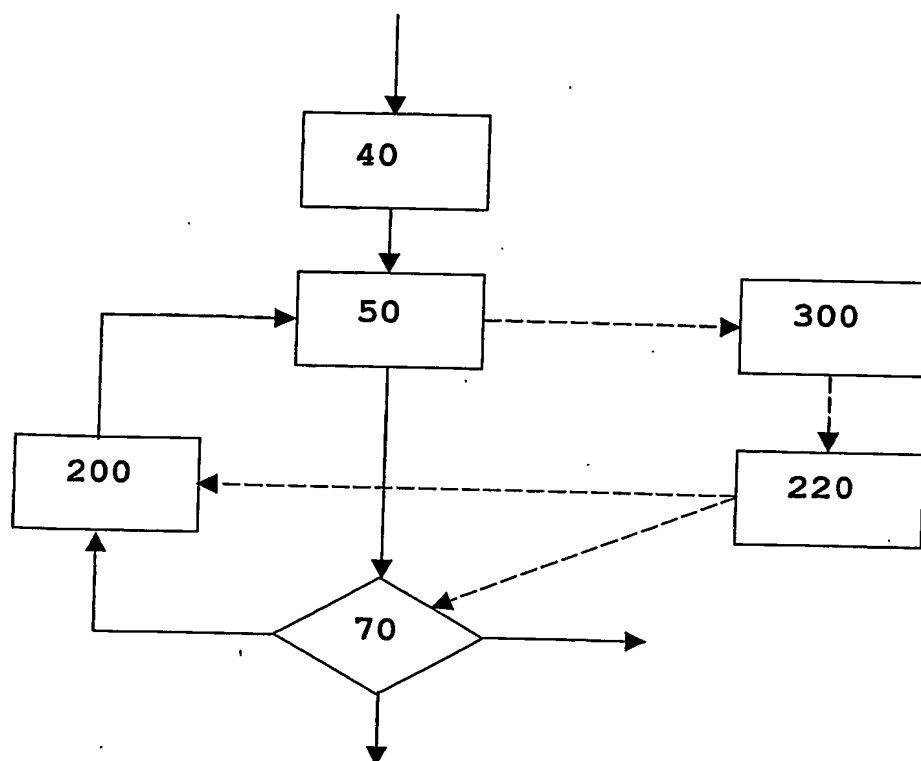
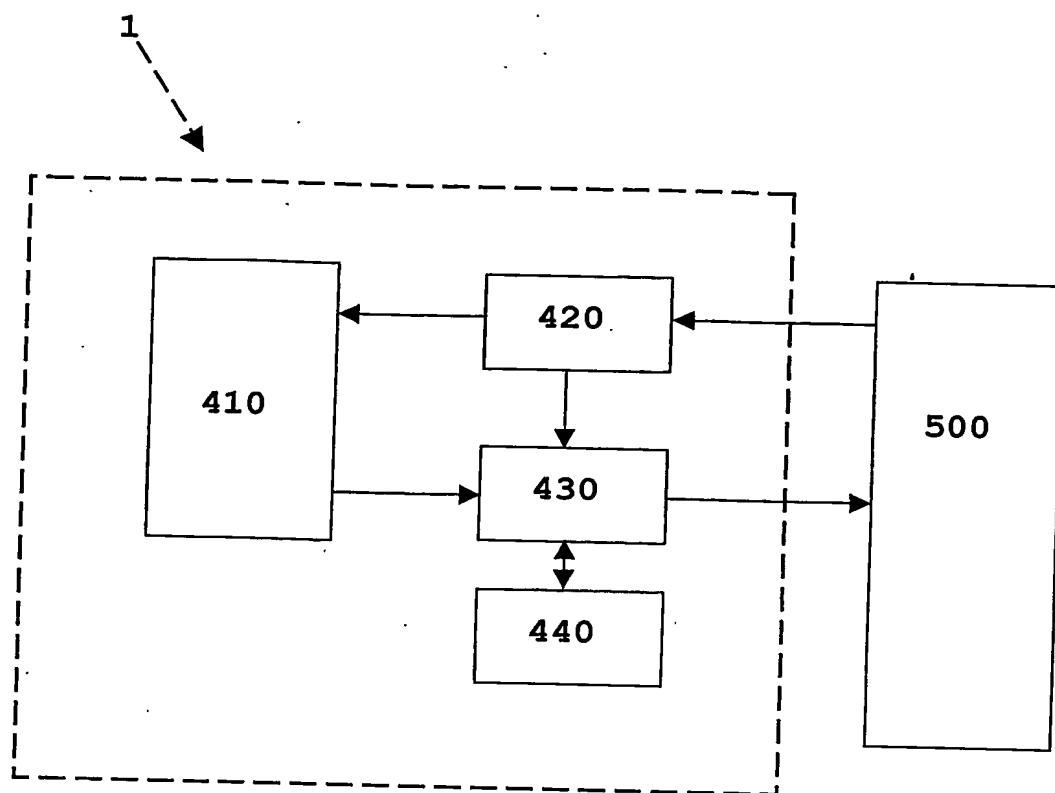


Fig. 2



**Fig. 3**

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/053597

International filing date: 25 July 2005 (25.07.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 037 131.8  
Filing date: 30 July 2004 (30.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 August 2005 (17.08.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**